

Tata cara penentuan kadar air batuan dan tanah di tempat dengan metode penduga neutron



© BSN 2012

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan	2
5 Tahapan pengukuran.....	3
6 Interpretasi hasil.....	7
7 Laporan	7
Lampiran A	8
Lampiran B	11
Bibliografi.....	13

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI “Tata cara penentuan kadar air batuan dan tanah di tempat dengan metode penduga neutron”) mengacu pada *ASTM D 5220-92, Standard test method for water content of soil and rock in place by the neutron depth probe method*, sebagai padanan yang menjadi acuan normatif, juga merupakan kajian yang telah diterapkan pada beberapa lokasi di Indonesia.

Dalam lampiran disertakan contoh hasil pengukuran dan formulir isian pengukuran untuk memudahkan petugas untuk melaksanakan pengukuran.

Standar ini disusun oleh Gugus Kerja Hidrologi, Hidraulika, Lingkungan, Air Tanah, dan Air Baku, pada Subpanitia Teknis 91-01-S1 Sumber Daya Air. Penyusunan standar ini melalui proses pembahasan pada Konsensus ulang yang dilaksanakan pada bulan November 2011 di Bandung kemudian dengan melibatkan para narasumber dan pakar dari berbagai instansi terkait.



Pendahuluan

Pengujian kadar air dari batuan dan tanah yang sudah biasa dilakukan adalah dengan pemeriksaan laboratorium dari contoh yang diambil dari lapangan. Pengambilan contoh dari lapangan dan memeriksanya di laboratorium memerlukan waktu yang relatif lama. Dengan penduga neutron kadar air dapat ditentukan dengan cepat di tempat serta dapat digunakan untuk pemantauan secara terus menerus tanpa mengganggu kondisi tanah sekitarnya.

Pengujian dengan penduga neutron adalah salah satu metode untuk menentukan kadar air secara cepat langsung di lapangan pada kedalaman tertentu. Hal tersebut dilakukan dengan mengukur jumlah atom hidrogen yang ada dalam batuan atau tanah. Detektor pada penduga neutron mendeteksi jumlah neutron cepat yang diperlambat oleh atom hidrogen. Jumlah neutron yang terdeteksi berhubungan dengan jumlah atom hidrogen yang dapat dikorelasikan dengan jumlah air. Untuk mendapatkan nilai kadar air dari nilai pencacahan diperlukan kurva rujukan yang menggambarkan hubungan antara nilai pencacahan dengan kadar air.

Standar ini dapat menjadi pelengkap dari SNI 03-1965-1990 tentang metode pengukuran kadar air tanah, terutama untuk pemantauan pada lokasi yang sama untuk jangka waktu yang relatif panjang.





Tata cara penentuan kadar air batuan dan tanah di tempat dengan metode penduga neutron

1 Ruang lingkup

Standar ini membahas tata cara pengujian kadar air batuan dan tanah dengan penduga neutron, metode pemeriksaan, dan kalibrasi pencacahan untuk kurva rujukan. Tata cara pengujian kadar air batuan dan tanah dengan penduga neutron ini.

- a) merupakan suatu teknik yang cepat untuk menguji kadar air batuan dan tanah di tempat pada kedalaman tertentu tanpa terganggu.
- b) dapat digunakan untuk pemantauan dan analisis statistik karena dilakukan secara berulang di tempat yang sama.

2 Acuan normatif

SNI 03-1965-1990, Metode pengukuran kadar air tanah.

SNI 03-2816-1992, Metode pengukuran kadar bahan organik dalam tanah dengan cara pembakaran.

SNI 03-6376-2000, Tata cara pembuatan sumur uji secara manual.

ASTM D 5220-92, *Standard test method for water content of soil and rock in-place by the neutron depth probe method.*

3 Istilah dan definisi

3.1

Kadar air batuan dan tanah (*water content of rock and soil*)

kandungan air dalam batuan atau tanah yang dapat dinyatakan sebagai berat air per satuan berat tanah (%berat) atau berat air dalam satuan volume tanah (%volume).

3.2

Kalibrasi pencacahan

perbandingan baku antara pencacahan dengan kadar air, yang dinyatakan dalam bentuk grafik, tabel, koefisien persamaan, atau terekam dalam peralatan

3.3

Model penduga (*dummy probe*)

model dari penduga neutron dengan ukuran yang sama tetapi tidak mengandung bahan radioaktif.

3.4

Neutron termal (*thermal neutron*)

neutron yang telah diperlambat. Neutron tersebut berasal dari neutron cepat yang dipancarkan dari sumber radiokatif, yang telah mengalami termalisasi akibat benturan dengan atom hidrogen menjadi lebih lambat dan kembali ke arah penduga dan dapat dicacah oleh detektor.

3.5

Pencacahan (*counting*)

hitungan jumlah neutron termal yang dideteksi oleh detektor dan dinyatakan dalam cps (cacah per sekon = *count per second*).

3.6

Penduga neutron (*neutron probe*)

penduga yang terdiri dari sumber neutron cepat dan detektor neutron termal, dihubungkan dengan kabel dan dapat diturunkan sampai kedalaman yang diinginkan.

4 Persyaratan

4.1 Petugas pengukuran

Untuk menghindari masalah keselamatan dalam penggunaan bahan radioaktif, petugas yang akan melaksanakan pengukuran harus memenuhi persyaratan berikut.

- Memiliki sertifikat pengoperasian peralatan radioaktif.
- Menggunakan baju dan peralatan pengaman radiasi radioaktif.

4.2 Peralatan

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan harus memenuhi persyaratan berikut :

- Peralatan terdiri dari penduga neutron yang berbentuk silindris dan berisi sumber dan detektor neutron, pengukur waktu, sumber daya, dilengkapi dengan bahan berhidrogen yang bertindak sebagai acuan untuk mengecek dan menetapkan kondisi laju pencacahan dan pelindung radiasi. Skema pemasangan peralatan disajikan pada Lampiran A.
- Bor tangan atau alat pengeboran harus mampu membuat lubang dengan diameter sama.
- Penduga model memiliki ukuran dan panjang tali yang sama dengan aslinya untuk mencoba kedalaman pengukuran.
- Peralatan harus dikalibrasi dengan cara yang diuraikan pada 5.1.
- Pencacahan harus berada di antara batas ambang bawah dan batas ambang atas. Ambang batas bawah dan atas mengikuti rumus :

$$N_s \leq N_o + \frac{2,0\sqrt{N_o}}{\sqrt{F}} \dots\dots\dots (1)$$

dan

$$N_s \geq N_o - \frac{2,0\sqrt{N_o}}{\sqrt{F}} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

N_s adalah nilai hasil pemeriksaan yang diperoleh,
 N_o adalah rata-rata dari empat kali pengukuran berurutan,
 F adalah nilai praskala yang ditentukan oleh pabrik.

4.3 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pipa pelindung (*casing*) harus mengikuti persyaratan berikut ini.

- a) Memiliki diameter yang sesuai dengan ukuran penduga.
- b) Ketebalan pipa harus tipis.
- c) Tidak mengandung unsur hidrogen antara lain, aluminium, besi, dan PVC.

4.4 Titik Uji

Laju pencacahan merupakan fungsi dari jumlah hidrogen, dan jumlah air sebanding dengan jumlah hidrogen. Jumlah air yang terhitung akan sesuai dengan keadaan lapangan jika titik uji memenuhi persyaratan berikut.

- a) Titik uji harus berada lebih dari 10 meter dari sumber radioaktif yang lain untuk menghindari kesalahan pencacahan oleh detektor.
- b) Antara dinding lubang uji dan pipa pelindung tidak boleh ada kekosongan.
- c) Di dalam lubang uji tidak boleh ada air yang dapat menimbulkan bias ruang pengukuran karena pengukuran lebih peka terhadap kandungan air yang terdekat dengan penduga.
- d) Bahan organik atau bahan lain yang mengandung hidrogen dan karbon, boron, chlorine dan kadmium dalam tanah harus dapat diketahui kadarnya karena akan mempengaruhi hasil pengukuran yang diperoleh.

4.5 Persyaratan kalibrasi

Keragaman, kepadatan, dan komposisi kimia bahan yang diuji mempengaruhi pengukuran. Peralatan harus dikalibrasi dengan pencacahan mengikuti ketentuan berikut

- a) Pencacahan untuk kalibrasi harus mencakup kandungan air bahan yang akan diuji pada kepadatan serupa dan dibuat setahun sekali.
- b) Pencacahan untuk kalibrasi harus dibuktikan dengan tidak mengubah penghitungan pada berbagai ukuran contoh. Pipa pelindung yang digunakan sejenis dengan yang digunakan di lapangan.
- c) Untuk menentukan ketelitian peralatan, pencacahan untuk kalibrasi dilakukan dengan pengulangan paling sedikit 20 kali tanpa mengubah posisi peralatan.

5 Tahapan pengukuran

Tahapan pengukuran untuk peralatan dan atau titik uji yang baru dapat dimulai pada tahap butir 5.1. Pengukuran selanjutnya dimulai dari tahap pada butir 5.2

5.1 Persyaratan kalibrasi pencacahan dan kurva rujukan

5.1.1 Persyaratan kalibrasi pencacahan

Kalibrasi harus mencakup kisaran kadar air dengan yang diperoleh di lapangan. Kalibrasi dilakukan sedikitnya sekali dalam setahun untuk menetapkan atau memperbaiki kurva rujukan, tabel atau persamaan. Periode waktu satu kali pencacahan untuk keperluan kalibrasi pencacahan ditentukan 60 detik

Untuk pembuatan kalibrasi pencacahan pilih salah satu dari cara-cara berikut ini.

5.1.1.1 Cara 1

Dilakukan di laboratorium dengan langkah-langkah berikut.

- a) Siapkan bahan standar berhidrogen dengan beberapa tingkat kesetaraan kandungan air. Standar kadar air nol digunakan untuk bahan yang tidak mengandung hidrogen, seperti magnesium.
- b) Lakukan pengukuran dengan pencacahan paling sedikit 20 kali.

5.1.1.2 Cara 2

Dilakukan di laboratorium dengan langkah-langkah berikut.

- a) Siapkan beberapa wadah tanah dan batuan yang dipadatkan untuk mendapatkan kepadatan seragam pada berbagai tingkat kandungan air.
- b) Tentukan kadar air volumetrik sampel di laboratorium dengan cara oven (SNI: 03-1965-1990)
- c) Jika memungkinkan, gunakan tanah dan batuan dari tempat uji untuk kalibrasi.
- d) Lakukan pengukuran dengan pencacahan paling sedikit 20 kali.

5.1.1.3 Cara 3

Dilakukan di lapangan untuk pembuatan kalibrasi pencacahan dengan ketelitian lebih tinggi atau jika data kalibrasi sebelumnya tidak tersedia. Lakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a) Gunakan sedikitnya tiga tempat percobaan dengan material homogen dan kisaran kandungan air jika mungkin.
- b) Buat lubang bor (lihat 5.3).
- c) Ambil sampel tanah atau batuan dan catat kedalamannya. Pengambilan sampel minimal pada selang 2 m atau tiap perubahan lapisan.
- d) Tentukan kadar air volumetrik sampel di laboratorium dengan cara oven (SNI 03-1965-1990)
- e) Pasang pipa pelindung (lihat 5.3).
- f) Lakukan pengukuran pada kedalaman mendekati kedalaman pengambilan sampel untuk uji laboratorium paling sedikit 20 kali.
- g) Hitung perbandingan pencacahan dan kandungan air volumetrik.
- h) Profil pencacahan awal dan kandungan air yang disesuaikan harus dilaporkan untuk tinjauan ulang perubahan kandungan air.

5.1.1.4 Cara 4

Dilakukan di lapangan untuk pembuatan kalibrasi pencacahan pada satu titik pengukuran dan sebaiknya dilakukan pada pergantian musim untuk mendapatkan kisaran kadar air tanah (Hanedi Darmasetiawan, 1982). Lakukan dengan langkah-langkah berikut.

- a) Siapkan drum plastik dengan ukuran tinggi antara 60 cm sampai 65 cm, diameter antara 45 cm sampai 55 cm dan dilengkapi tutup. Pendam dalam tanah sampai bibir drum tepat di muka tanah, kemudian isikan air bersih ke dalam drum sampai penuh.
- b) Lubangi tutup drum dengan ukuran lubang sesuai dengan ukuran pipa pelindung.
- c) Siapkan pipa pelindung yang ujung bawahnya tertutup rapat, dengan bahan yang sama dengan yang akan digunakan di lapangan. Masukkan pipa pelindung sampai kedalaman pertengahan isi drum.
- d) Masukkan penduga neutron ke dalam lubang pelindung sampai ujung bawah dan lakukan pencacahan sedikitnya 20 kali.
- e) Catat hasil pencacahan sebagai nilai R_w dan hitung nilai rata-ratanya.
- f) Lakukan seperti pada butir 5.3.
- g) Lakukan pencacahan dari lubang yang dibuat pada kedalaman tertentu, sedikitnya 20 kali.
- h) Catat hasil pencacahan sebagai nilai R_s .
- i) Ambil contoh tanah sedikitnya 4 buah pada kedalaman yang sama. Contoh tanah tersebut diambil dengan pengukuran menggunakan bor tangan pada lokasi acak di sekeliling lubang pengukuran yang dianggap memiliki kadar air sama. Tentukan kadar air volumetrik dengan cara oven (SNI 03-1965-1990).
- j) Lakukan butir g) sampai i) sedikitnya 20 kali dengan selang waktu antarpengukuran beberapa hari sampai diperoleh kisaran kadar air yang cukup lebar.
- k) Hitung nilai (R_s/R_w) .

5.1.2 Pembuatan rujukan pengukuran

Rujukan pengukuran dapat disajikan dalam tiga bentuk. Pilih salah satu dari ketiga bentuk ini:

- a) Buat tabel yang menggambarkan hubungan hitungan pencacahan dan kadar air cara oven (kalibrasi pencacahan cara 1 sampai cara 3) atau hubungan nilai R_s/R_w dengan kadar air cara oven (kalibrasi pencacahan cara 4). Contoh tabel untuk kalibrasi pencacahan cara 4 disajikan pada Tabel B.1 Lampiran B.
- b) Buat kurva dengan mengeplot data pengukuran pada kertas grafik. Untuk kalibrasi pencacahan cara 1, 2, dan 3 mengeplot jumlah pencacahan pada sumbu x dan kadar air cara oven pada sumbu y. Untuk cara kalibrasi 4 dengan mengeplot (R_s/R_w) . Tarik garis yang menggambarkan hubungan antara kadar air dengan hitungan pencacahan. Contoh kurva rujukan untuk kalibrasi pencacahan cara 1, 2 dan 3 disajikan pada Gambar A.2 Lampiran A, sedangkan untuk cara 4 pada Gambar A.3 Lampiran A.
- c) Untuk kalibrasi pencacahan cara 1, 2, dan 3 hitung persamaan regresi dan ketelitian peralatan. Ketelitian peralatan dihitung dari kemiringan tanggapan kalibrasi dan deviasi statistik, sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{C}{F}} \dots\dots\dots (3)$$

$$P = \frac{\sigma}{S} \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

- σ adalah deviasi statistik pencacahan tiap pengukuran dalam cps
- C adalah pencacahan tiap periode pengukuran dalam cps sebelum koreksi praskala pada kadar air 200 kg/m³
- F adalah nilai praskala dari pabrik pembuat. Jika tidak ada, nilai tersebut ditentukan sama dengan 1.0
- P adalah ketelitian peralatan dalam kg/m³
- S adalah kemiringan dari kurva, yaitu perubahan pencacahan dibagi perubahan kadar air dalam kg/m³

5.2 Pemeriksaan peralatan

Sebelum melakukan pengukuran/pencacahan pada lokasi uji, perlu dilakukan pemeriksaan peralatan dengan langkah-langkah berikut:

- a) Hidupkan peralatan dan biarkan beberapa saat agar stabil.
- b) Lakukan empat kali pencacahan dengan menggunakan bahan standar yang berfungsi sebagai pelindung radioaktif.
- c) Hitung ambang batas bawah dan ambang batas atas hitungan pencacahan.
- d) Lakukan pencacahan sekali lagi pada bahan yang sama. Jika berada di atas ambang batas atas, perlu beberapa saat lagi untuk menstabilkan peralatan. Kemudian, ulangi langkah a) di atas.
- e) Jika hitungan pencacahan di bawah ambang batas bawah, peralatan harus dilakukan kalibrasi baru untuk menetapkan rujukan baru sesuai dengan butir 5.1, atau diperbaiki oleh pembuatnya.
- f) Jika hitungan pencacahan mendekati ambang batas atas, peralatan masih baik dan siap digunakan untuk pengukuran

5.3 Pemasangan pipa pelindung

Membuat lubang pengukuran dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- a) Buat lubang dengan bor tangan atau peralatan pengeboran yang lain, lalu masukkan pipa pelindung ke dalamnya.
- b) Lubang harus bersih dan sesuai dengan ukuran pipa pelindung. Kekosongan antara dinding lubang dengan pipa pelindung akan menyebabkan kesalahan pembacaan hasil. Volume contoh terukur sekeliling penduga sekitar 0,048 m³, makin tinggi kadar air makin kecil volume. Jika terdapat air di dalam lubang pelindung, akan terjadi bias pengukuran dari tanah sekeliling lubang pelindung.

- c) Catat pelapisan batuan atau tanah pada saat pembuatan lubang, dan tinggi muka air tanah. Jika dijumpai air tanah, ujung bawah pipa pelindung harus ditutup untuk menghindari rembesan air.
- d) Bibir pipa pelindung harus di atas muka tanah dan ditutup untuk menghindari kotoran masuk.

5.4 Pemeriksaan pipa pelindung

Turunkan penduga model sepanjang pipa pelindung sebelum dilakukan pengukuran dengan penduga neutron. Pastikan penduga model dapat masuk sepanjang pipa pelindung.

5.5 Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- a) Tempatkan peralatan di atas pipa pelindung, kemudian turunkan penduga ke dalam pipa sampai kedalaman yang diinginkan. Pertahankan kedalaman penduga neutron dengan menggunakan penjepit kabel.
- b) Catat hasil pencacahan selama periode waktu pengukuran.
- c) Periode waktu satu kali pencacahan untuk keperluan pengukuran ditentukan 15 s atau 30 s atau 60 s. Hasil pencacahan dihitung dengan satuan cacah per menit (*cps = count per minute*).

6 Interpretasi hasil

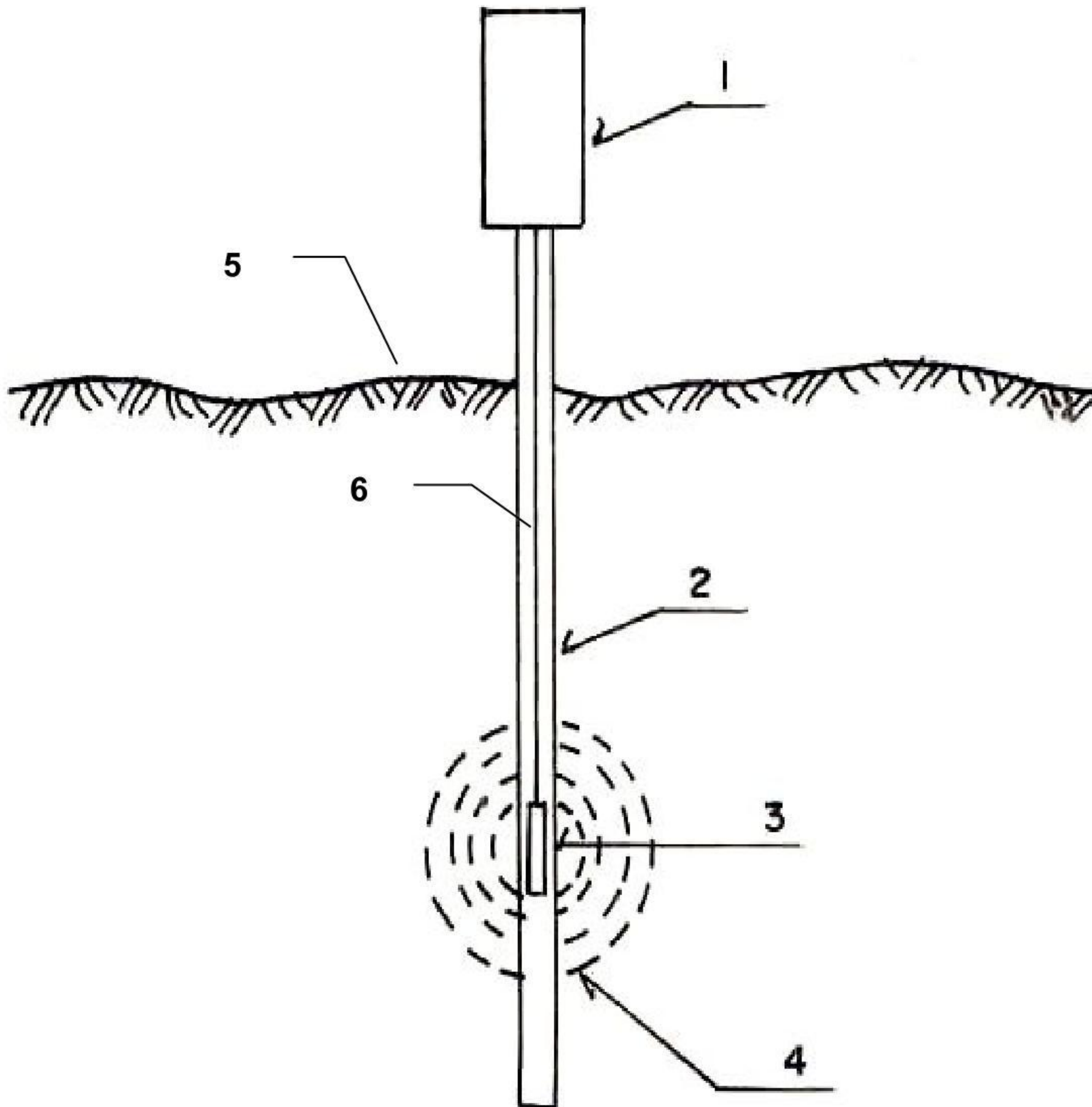
- a) Bandingkan pembacaan yang diperoleh dengan pencacahan rujukan, kemudian gunakan rujukan pengukuran, seperti dijelaskan pada 5.1.2 untuk menghitung kandungan air dalam berat per volume bahan yang diuji. Beberapa peralatan telah memiliki perlengkapan untuk menghitung, menampilkan perbandingan, dan mengoreksi kadar air per volume.
- b) Jika dibutuhkan kadar air di tempat dalam persentase berat, dapat dilakukan dengan alat lain untuk mengetahui berat jenis batuan atau tanah.

7 Laporan

Laporan memuat informasi berikut :

- a) model, nomor seri, dan pembuat peralatan,
- b) tanggal kalibrasi,
- c) metode kalibrasi,
- d) tanggal pengukuran,
- e) pencacahan rujukan untuk hari pengukuran bersangkutan,
- f) keterangan titik pengukuran seperti lokasi dan nomor titik,
- g) jenis pipa dan cara pemasangan,
- h) tata deskripsi batuan,
- i) kedalaman, data penghitungan pencacahan, dan perhitungan kadar air tiap pengukuran.

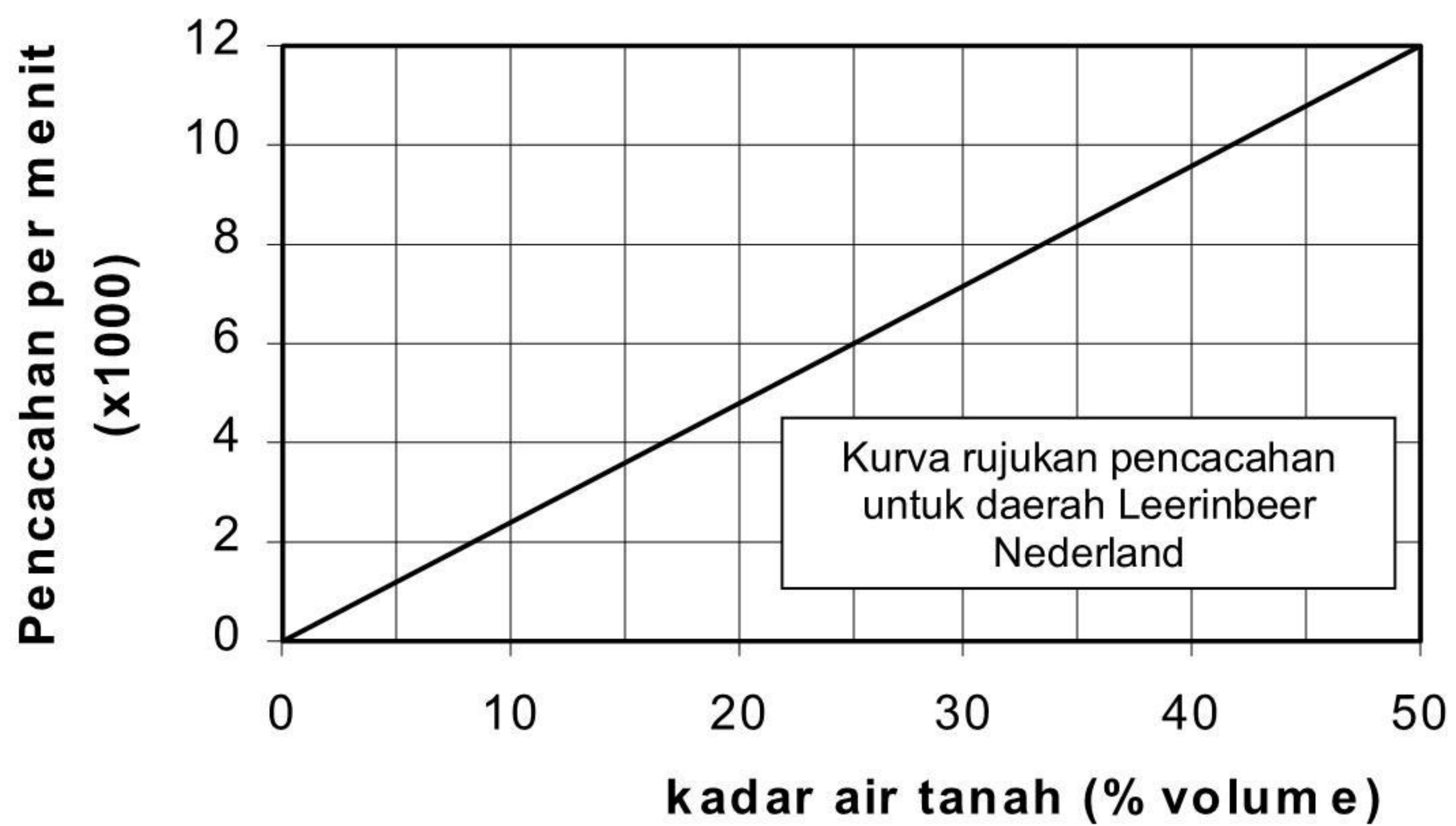
Lampiran A
(Informatif)
Gambar



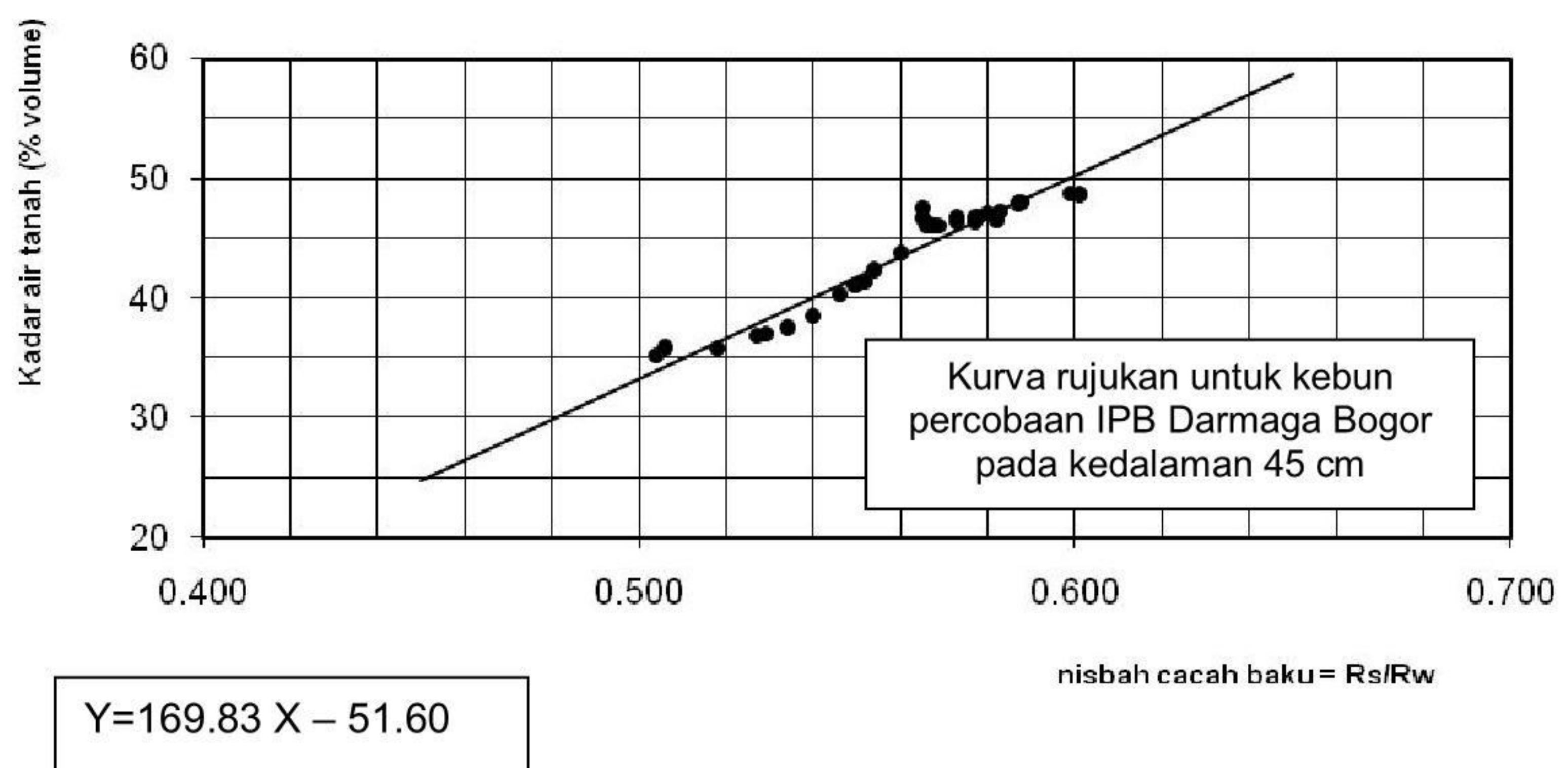
Keterangan gambar :

1. Unit kontrol dan pelindung radioaktif.
2. Pipa pelindung.
3. Penduga yang terdiri dari sumber dan detektor neutron.
4. Zona pengukuran.
5. Permukaan tanah.
6. Kabel.

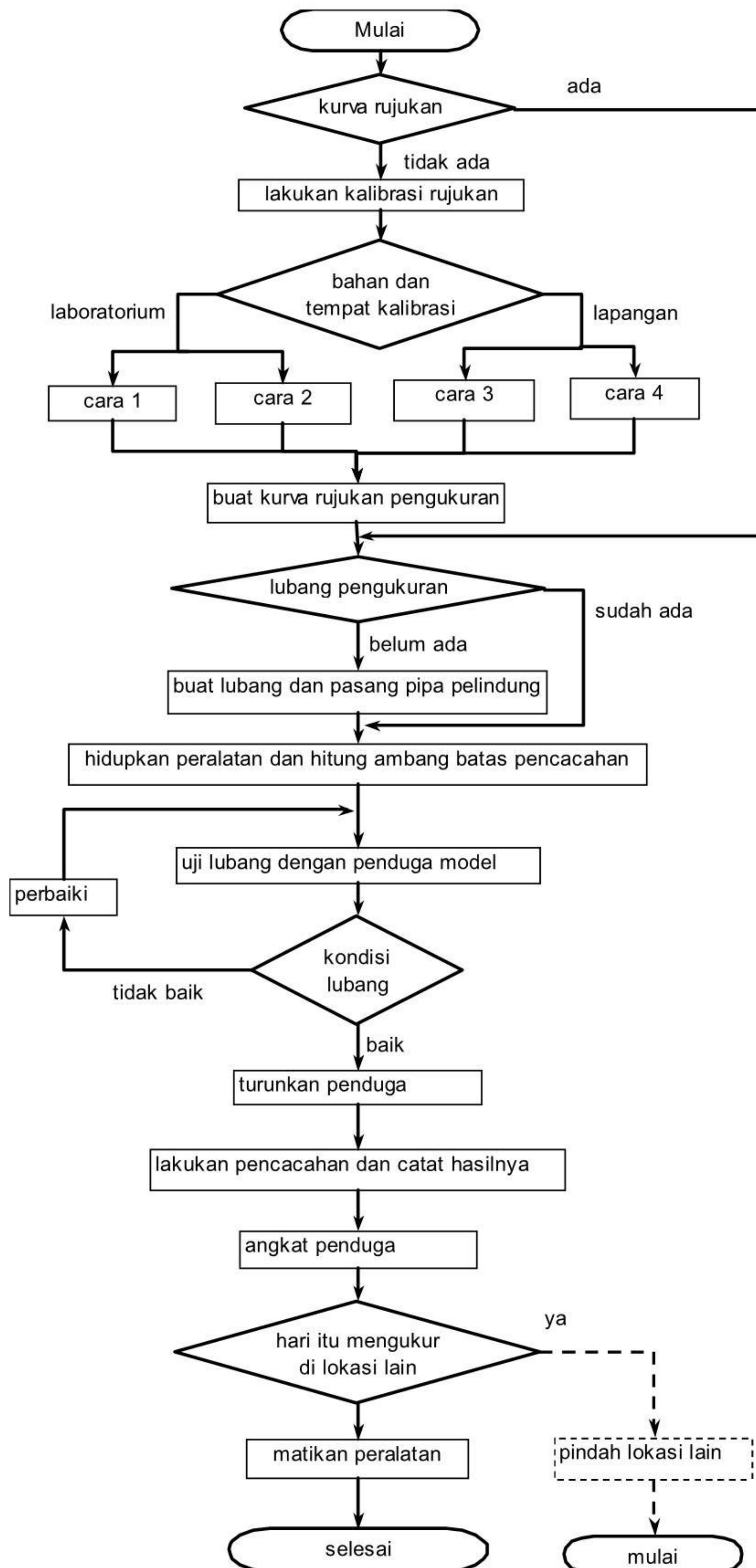
Gambar A.1 Skema pengukuran kadar air dengan penduga neutron



Gambar A.2 Contoh kurva rujukan untuk kalibrasi pencacahan cara 1, 2, dan 3 (E. Seyhan, 1995)



Gambar A.3 Contoh kurva rujukan pencacahan untuk kalibrasi cara 4 (Hanedi Darmasetiawan, 1982)



Gambar A.4 Diagram alir penentuan kadar air tanah dengan penduga neutron

Tabel B.2 Contoh data kalibrasi pencacahan cara 4

No	Tanggal Pengukuran	Curah hujan (mm)	Nisbah laju cacah (Rs/Rw)	Kadar air tanah (% volume)
1	5/8/80	0	0.601	48.58
2	6/8/80	0	0.587	47.83
3	8/8/80	0	0.568	46.03
4	10/8/80	71.1	0.599	48.81
5	11/8/80	17.2	0.565	47.54
6	18/8/80	116.8	0.588	48.01
7	19/8/80	0	0.577	46.30
8	20/8/80	0	0.582	46.51
9	23/8/80	1.3	0.552	41.39
10	25/8/80	0	0.540	38.61
11	27/8/80	0	0.529	37.09
12	28/8/80	0	0.527	36.95
13	30/8/80	3.8	0.518	35.87
14	1/9/80	0	0.506	35.79
15	2/9/80	0	0.504	35.26
16	5/9/80	80	0.567	46.12
17	7/9/80	20.3	0.565	45.58
18	9/9/80	49.5	0.583	47.28
19	12/9/80	36.8	0.577	46.81
20	13/9/80	38.1	0.578	46.84
21	15/9/80	1.9	0.566	45.99
22	18/9/80	17.8	0.560	43.86
23	20/9/80	1.9	0.554	42.23
24	22/9/80	0	0.546	40.39
25	23/9/80	0	0.534	37.46
26	25/9/80	44.5	0.573	46.32
27	29/9/80	41.3	0.567	46.00
28	2/10/80	5.7	0.550	41.08
29	6/10/80	47.6	0.573	46.79
30	13/10/80	158.8	0.580	47.11
31	21/10/80	131.4	0.569	46.09

Sumber : Hanedi Darmasetiawan (1982)

Keterangan: Lokasi di Kebun Percobaan IPB Darmaga
Nisbah laju cacah untuk kedalaman tanah 45 cm.

Bibliografi

Darmasetiawan, Hanedi, 1982, "Kalibrasi Neutron Probe di Kebun Percobaan IPB Darmaga", Tesis, Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Jurusan Agrometeorologi, Bogor.

E., Seyhan, 1995, "Dasar-Dasar Hidrologi:, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

